

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
DO RIO GRANDE DO SUL – CAMPUS SERTÃO (RS)**

**CURSO DE BACHARELADO EM AGRONOMIA**

**DESENVOLVIMENTO DE GENÓTIPOS DE TRIGO EM SOLUÇÕES  
NUTRITIVAS COM ALTA E BAIXA CONCENTRAÇÃO DE N**

**FELIPE ANTONIO DOS SANTOS**

**SERTÃO, RS  
2019**

# **DESENVOLVIMENTO DE GENÓTIPOS DE TRIGO EM SOLUÇÕES NUTRITIVAS COM ALTA E BAIXA CONCENTRAÇÃO DE N**

Trabalho de Conclusão do Curso apresentado ao IFRS  
*Campus Sertão* (RS), exigido para a obtenção de título  
de Engenheiro Agrônomo.

Aprovado em: \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_.

---

Prof. MSc. Clever Variani  
(Membro da banca examinadora)

---

Prof. Dra. Márcia Aparecida Smaniotto  
(Membro da banca examinadora)

---

Prof. Dr. Adriano Michel  
(Orientador)

# **Desenvolvimento de Genótipos de Trigo em Soluções Nutritivas com Alta e Baixa Concentração de N**

**Felipe Antonio dos Santos<sup>I</sup>, Adriano Michel<sup>II</sup>**

## **RESUMO**

O trigo (*Triticum aestivum* L.) é um dos cereais mais produzidos mundialmente, sendo o segundo na produção alimentícia. A fim de identificar a eficiência dos genótipos de trigo no uso do Nitrogênio (N) em condições de alta e baixa disponibilidade do nutriente em solução nutritiva, foram avaliadas as seguintes variáveis: N na Raiz (NR) (g kg<sup>-1</sup>), N na Parte Aérea (NPA) (g kg<sup>-1</sup>), Acumulado Médio de N (AMN) (mg/planta), Razão de N Acumulado (RNA), N na Massa Seca de Raiz (NMSR) (mg/planta), Volume de Raiz (VR) (cm<sup>3</sup>), comprimento de raiz (CR) (cm), área do sistema radicular (ASR) (cm<sup>2</sup>) e N na Massa Seca da Parte Aérea (NMSPA) (mg/planta). Realizou-se o experimento em solução nutritiva, com duas concentrações de N (36 g L<sup>-1</sup> – alto N e 3,6 g L<sup>-1</sup> – baixo N), comparando os genótipos. O cultivo foi conduzido em câmara de cultura de plantas no IFRS – Campus Sertão – RS. Houve diferenças significativas em alta concentração para as seguintes variáveis NR, NPA, AMN, RNA, VR, CR, ASR e NMSPA e não ocorreu diferença significativa na variável NMSR. Já para as plantas em baixa concentração houve diferença para as variáveis NR, NPA, AMN, RNA, NMSR, CR, ASR e não ocorreu diferença significativa nas variáveis VR e NMSPA. Foi possível determinar os genótipos com maior e/ou menor capacidade de absorção e eficiência na utilização de N.

**Palavras-chave:** *Triticum aestivum*, nitrogênio, sistema radicular, cultivo, hidropônico.

---

<sup>I</sup> Acadêmico do curso Bacharel em Agronomia, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul-Campus Sertão (IFRS), Sertão, RS, Brasil. E-mail: felipeantonio@hotmail.com.br

<sup>II</sup> Professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul-Campus Sertão (IFRS), Sertão, RS, Brasil. E-mail: adriano.michel@sertao.ifrs.edu.br

## INTRODUÇÃO

O trigo (*Triticum aestivum* L.) é um dos cereais mais produzidos mundialmente, sendo o segundo cereal na produção alimentícia MAPA (2011), e em muitos países representa a fonte de mais da metade das calorias e proteínas ingeridas pela população (WANG et al., 2012). Essa planta típica da estação fria, possui ciclo anual, e imensa relevância econômica, dando suporte a diversas ramificações industriais uma vez que, apresenta grande capacidade de produtividade de grãos (MARINI et al., 2011).

Para ter uma produtividade substancial desse cereal é necessário ter um solo que propicie os nutrientes essenciais, no entanto, os solos brasileiros não suprem totalmente essa demanda, sendo necessário, portanto, a complementação com fertilizante, especialmente nitrogenados. Contudo, a adubação requer cautela no que diz respeito à época e a dosagem de aplicação, uma vez que, pequenas doses de N podem limitar a produtividade, por outro lado, altas doses podem levar ao acamamento, dificultar a colheita, bem como provocar queda na produção (TEIXEIRA FILHO et al., 2010).

Dentre os insumos necessários para a produção das gramíneas, como o trigo, a adubação nitrogenada representa uma parcela bastante significativa nos custos. Porém é indispensável, em virtude de o N se constituir o macroelemento de poder limitante na produtividade do trigo, pois determina o número de afilhos ou perfilhos, sendo indispensável na fase de formação dos nós e no início do alongamento do colmo (SALA et al., 2005). O número de perfilhos, favorece a formação de nós, e promove melhor alongamento do colmo. Por consequência, isso permite maior captação da radiação solar, resultando em elevação da produção final (FORNASIERI FILHO, 2008).

Nesse sentido, o N quando insuficiente no solo impõe-se como o maior limitador à produtividade da cultura do trigo tendo como única forma de armazenamento no solo a

matéria orgânica (Da ROS et al., 2003; RODRIGUES et al., 2014). Conforme Moreira & Siqueira (2002), menos de cinquenta por cento do N aplicado no solo é realmente absorvido pelas culturas, o restante é imobilizado ou perdido por volatilização ou lixiviação.

A insuficiência de N afeta principalmente as folhas mais velhas, deixando as plantas frágeis, suas folhas com o limbo reduzido apresentando coloração verde-amarelada, bem como há redução do perfilhamento (MUNDSTOCK et al., 2002). Por outro lado, o excesso desse nutriente também pode resultar em efeito negativo sobre as plantas, apresentando um desequilíbrio ou falta de balanço entre a quantidade de N disponível em relação aos outros elementos nutritivos (LARA CABEZAS et al., 2000).

Cabe destacar que estudos que abordem a real resposta do trigo à adubação nitrogenada necessitam de informações mais contundentes. A fim de identificar a eficiência dos genótipos de trigo no uso do N em condições de alta e baixa disponibilidade do nutriente em solução nutritiva, foram avaliadas as seguintes variáveis: N na raiz ( $\text{g kg}^{-1}$ ), N na parte aérea ( $\text{g kg}^{-1}$ ), acumulado médio de N ( $\text{mg/planta}$ ), razão de N acumulado, N na massa seca de raiz ( $\text{mg/planta}$ ), volume de raiz ( $\text{cm}^3$ ), comprimento de raiz ( $\text{cm}$ ), área do sistema radicular ( $\text{cm}^2$ ) e N na massa seca da parte aérea ( $\text{mg/planta}$ ).

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

O experimento foi conduzido na câmara de cultura de plantas do Laboratório de Cultura de Tecidos e Citogenética Vegetal do Instituto Federal do Rio Grande do Sul – Campus Sertão – RS. Sob o fotoperíodo de 14 horas de luz por 10 horas de escuro, temperatura diurna de  $25\pm 2^\circ\text{C}$  e noturna de  $15\pm 2^\circ\text{C}$  e umidade relativa de  $70\pm 5\%$ .

Material vegetal: Foram utilizados 29 genótipos de trigo com diferentes características morfológicas. BRS Guabiju, Anahuac 75, Jacui, Trigo BR 18, Toropi, Klein Atlas, Frontana, Klein Lucero, Bezostaja 1, Kenya Farmer, CD 105, IAC 5, Cotiporã, IAC 24, Paraguai 281, Embrapa 16, Feng Mai 11, MGS 1 Aliança, Trigo BR 23, BRS Guamirim, BRS Louro, BRS Umbu, BRS Timbauva, Embrapa 27, BRS Marcante, Quartzo, BRS Guaraim, BRS Parrudo, Sonora 63. Semeou-se quinze sementes de cada variedade de trigo as quais foram selecionadas e identificadas. Em seguida as sementes foram colocadas em Becker e mergulhadas para serem desinfestadas com solução hipoclorito de sódio (3,6 %) por cinco minutos, utilizando cinco gotas para cada 100 mL de Tween 20 e, logo em seguida, lavadas com água destilada e deionizada por três vezes.

As sementes de cada genótipo foram colocadas em papel de germinação onde foram umedecidas com água destilada e deionizada, bem como identificadas com o nome e número do genótipo a que pertencia. Para cada genótipo foram feitos três rolos de papel de germitest contendo 15 sementes os quais foram agrupados em dois conjuntos contendo 15 e 14 genótipos, respectivamente e colocados em dois baldes com uma lâmina de água de aproximadamente 5cm, onde as sementes ficaram na posição oposta à porção do rolo que está em contato com a água. Os baldes foram mantidos em câmara BOD há uma temperatura constante de  $25 \pm 0,1^{\circ}\text{C}$  por sete dias.

Após a germinação, selecionou-se as três melhores plantas de cada uma das três repetições, sendo transplantadas para a parte superior das pastas plásticas contendo lâminas de papel germitest umedecidos com água destilada e deionizada com dois cortes na base de cada pasta em formato de “V” invertidos. Após o transplântio, cada pasta foi fixada com grampos nas duas extremidades com a finalidade de manter suspenso dentro do respectivo balde.

Solução nutritiva: foi utilizada a solução descrita por Magnavaca et al., (1987), a qual foi ajustada para  $36 \text{ g L}^{-1}$  (para a solução com alto teor de N) e  $3,6 \text{ g L}^{-1}$  (para solução com baixo teor de N).

Foi utilizado cerca de três litros de solução nutritiva em cada balde, e no decorrer do transplântio, as pastas foram colocadas suspensas por arames dentro dos baldes. Após a finalização levou-se os baldes até a câmara de crescimento, onde permaneceram por 21 dias até ser efetuada a retirada das plantas. A solução nutritiva de cada balde era substituída de três em três dias.

Avaliação: foi avaliado o desenvolvimento do sistema radicular e a parte aérea das plantas aos 21 dias após o transplântio, sendo as seguintes variáveis: N na Raiz (NR) ( $\text{g kg}^{-1}$ ), N na Parte Aérea (NPA) ( $\text{g kg}^{-1}$ ), Acumulado Médio de N (AMN) ( $\text{mg/planta}$ ), Razão de N Acumulado (RNA), N na Massa Seca de Raiz (NMSR) ( $\text{mg/planta}$ ), Volume de Raiz (VR) ( $\text{cm}^3$ ), comprimento de raiz (CR) (cm), área do sistema radicular (ASR) ( $\text{cm}^2$ ) e N na massa seca da parte aérea (NMSPA) ( $\text{mg/planta}$ ). Os baldes foram levados até o laboratório para posteriormente serem feitas as análises das plantas. A avaliação das raízes e parte aérea ocorreram separadas, a parte aérea após ser separada do restante da planta era armazenada logo em seguida de acordo com o número de genótipo, tratamento e data. No mesmo momento para as raízes foi utilizado o escâner Epson XL 10000 equipado com unidade de luz adicional (TPU), as plantas foram colocadas em uma cuba com 600 mL de água deionizada, para tirar as impurezas da raiz, os dados foram avaliados com o software Winrhizo v. 4.0 (Regent Systems, Quebec, Canada), onde três características do sistema radicular foram avaliadas: comprimento, área e volume de raiz.

Depois de escaneadas, as raízes e a parte aérea das plantas foram mantidas em estufa a  $180^\circ\text{C}$  por 72 horas, em seguida realizou-se a pesagem individual de cada planta para determinar o peso seco das raízes e da parte aérea, compondo o peso seco total.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com três repetições, constituídas por três plantas cada. Os dados foram submetidos a análise de variância (ANOVA) e em caso de significância aplicou-se o teste de médias Tukey a 5% de nível de significância. Usou-se o programa estatístico SAS (Statistical Analysis System) (SAS, 2008).

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Detectou-se diferenças significativas entre os genótipos, para a maioria das variáveis estudadas, em alta e baixa disponibilidade de N. Esses resultados concordam com os observados por Do Vale et al., (2012) e Oliveira et al., (2013), os quais observaram que, em milho houve diferenças significativas indicando a existência de variabilidade genética para eficiência nutricional, o que possibilita a seleção e os ganhos genéticos dentro de cada nível de N.

Em relação a concentração de NR ( $\text{g Kg}^{-1}$ ), quando cultivadas em solução nutritiva com alta teor de N, os maiores teores foram observados nos genótipos Toropi e Klein Lucero, enquanto os genótipos MGS 1 Aliança, Feng Mai 11, Anahuac 75 e Sonora 63 apresentaram os menores teores de N na raiz, respectivamente. Os demais genótipos não diferiram entre si (Figura 1a). Quando os genótipos foram cultivados em solução com baixo teor de N, a cultivar BRS Parrudo apresentou o maior teor de N na raiz diferindo dos genótipos Sonora 63, BRS Guabiju, Paraguai 281, Feng Mai 11, Trigo BR 18, Bezostaja 1, Anahuac 75, BRS Umbu e Klein Atlas os quais apresentaram os menores teores de NR. Os demais genótipos não diferiram entre si (Figura 1b).



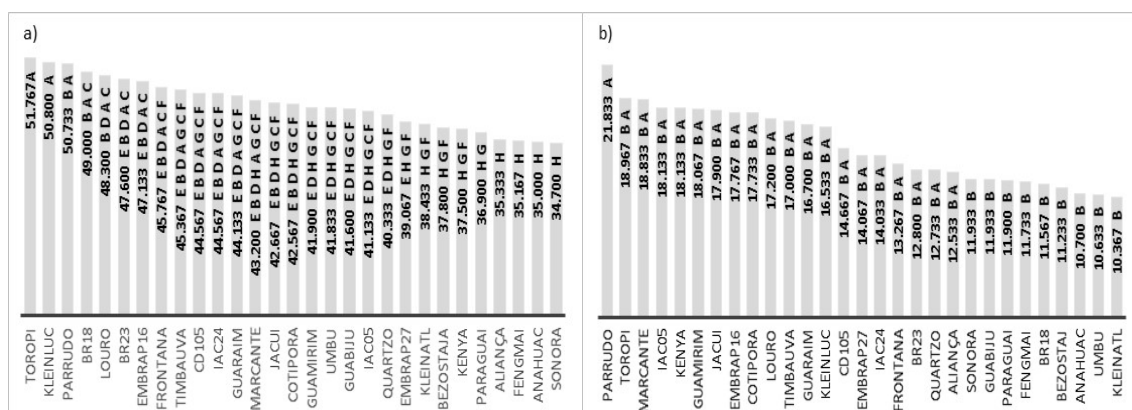


Figura 01 - Concentração de N na Raiz ( $\text{g Kg}^{-1}$ ) em 29 genótipos de trigo quando cultivados em solução nutritiva: a) com alto teor de N; b) com baixo teor de N.

Certas respostas ao N são locais, fixas apenas às raízes diretamente expostas ao sinal nutricional, enquanto outras são sistêmicas, implicando em complexas rotas de percepção e sinalização de N (FORDE, 2002). Conforme Lavres Jr. et al., (2004), é relevante destacar que as menores concentrações de N nas raízes em relação às da parte aérea estão associadas à plasticidade de alocação de biomassa entre sistema radicular e parte aérea e dependem também da disponibilidade de nutrientes, como foi notado com o capim-Aruana (*Panicum maximum*).

Para o teor de NPA ( $\text{g Kg}^{-1}$ ) para as plantas cultivadas em alta concentração de N, o genótipo que obteve o maior teor foi o BRS Parrudo enquanto o genótipo Anahuac 75 apresentou o menor teor de NPA. Os demais genótipos não diferiram entre si (Figura 2a). Quando os genótipos foram cultivados em solução com baixo teor de N, a cultivar BRS Parrudo apresentou o maior teor de NPA diferindo dos genótipos BRS Umbu, Feng Mai 11, Anahuac 75 e Klein Atlas que apresentaram os menores teores. Os demais genótipos não diferiram entre si (Figura 2b).

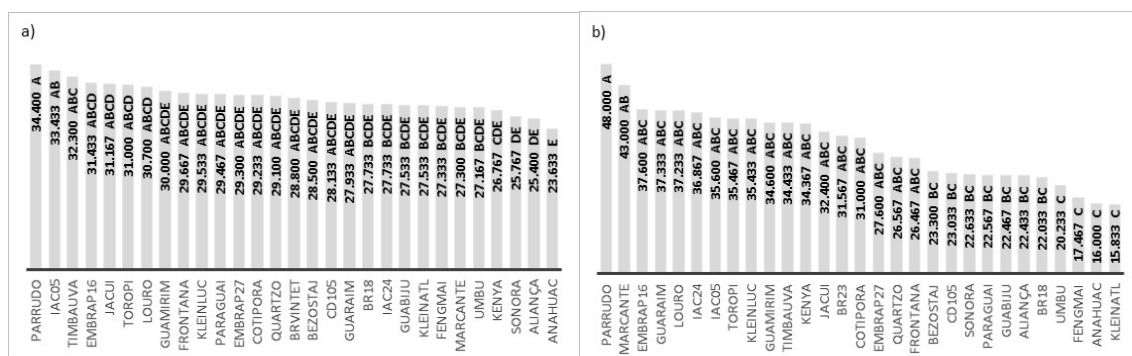


Figura 02 - Concentração de N na Parte Aérea (g Kg<sup>-1</sup>) em 29 genótipos de trigo quando cultivados em solução nutritiva: a) com alto teor de N; b) com baixo teor de N.

Segundo Lemaire (1997) *apud* Andriolo et al. (2004), em baixa disponibilidade de N, a atividade meristemática da parte aérea será reduzida, consequentemente as plantas guardam maior quantia de fotoassimilados para o crescimento do sistema radicular afim das raízes poderem explorar maior dimensão de solo a procura de nutrientes. Conforme Johansson (1993), maior disponibilidade de N aplicada, posteriormente maior será o crescimento da parte aérea e com isso irá ocorrer à redução do crescimento das raízes pois devido à translocação de substâncias de reserva desta porção para parte aérea da planta visto em grama (*Festuca pratensis* & L).

Em relação ao AMN (mg/planta) em plantas cultivadas em alta concentração de N, os maiores teores foram Toropi, IAC 5 e Frontana, enquanto o genótipo Embrapa 27 apresentou o menor teor de N acumulado. Os demais genótipos não diferiram entre si (Figura 3a). Por outro lado, quando as plantas foram mantidas em solução com baixo teor de N, a cultivar BRS Marcante apresentou o maior teor acumulado desse nutriente diferindo do genótipo Anahuac 75 a qual apresentou menor valor acumulado. Os demais genótipos não diferiram entre si (Figura 3b).

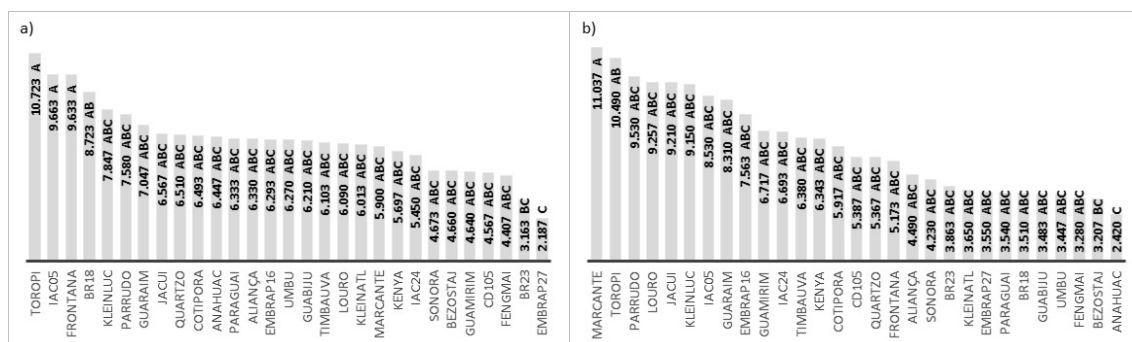


Figura 03 - Acúmulo Médio de N (mg/planta) em 29 genótipos de trigo quando cultivados em solução nutritiva: a) com alto teor de N; b) com baixo teor de N.

Em arroz (*Oryza sativa* L.), o acúmulo de N não resulta em potencial produtivo, essa característica dependente principalmente da capacidade genotípica de partição do N acumulado pré - floração entre órgãos vegetativos e reprodutivos (NORMAN et al., 1992, FRANÇA et al., 2008). Franco e Prado (2006), em estudo com N em soluções nutritivas, observaram também diferenças na eficiência de absorção de N em mudas de goiabeira, onde a maior eficiência esteve associada à solução nutritiva com menor concentração do nutriente.

Com relação a RNA ( $\frac{\text{Acúmulo Parte Aérea}}{\text{Acúmulo Raiz}}$ ), quando utilizada a maior concentração desse nutriente na solução, o maior teor foi obtido com o genótipo Feng Mai 11 enquanto o Trigo BR 23 apresentou o menor valor para essa variável. Os demais genótipos não diferiram entre si (Figura 4a). Quando os genótipos foram cultivados em solução com baixo teor de N também houve diferença significativa. Sendo que a cultivar IAC 24 apresentou o maior teor de razão de N diferindo dos genótipos MGS 1 Aliança, Embrapa 27, Paraguai 281, Frontana, Trigo BR 23, BRS Umbu, Klein Atlas, CD 105 e Quartzo onde apresentaram os menores teores de RNA na planta. Os demais genótipos não diferiram entre si (Figura 4b).

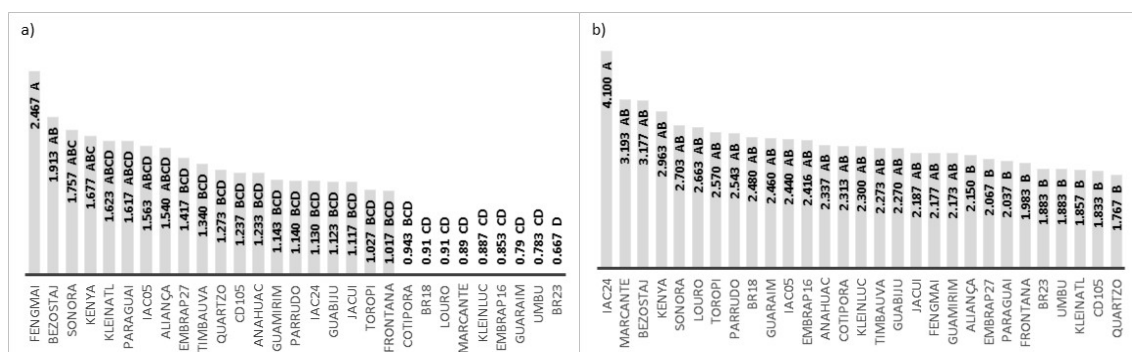


Figura 04 - Razão de N Acumulado ( $\frac{\text{Acúmulo Parte Aérea}}{\text{Acúmulo Raiz}}$ ) (mg/planta) em 29 genótipos de trigo quando cultivados em solução nutritiva: a) com alto teor de N; b) com baixo teor de N.

Olsthoorn et al., (1991), notaram que a alta disponibilidade de N para as plantas de trigo nos estádios iniciais do crescimento e desenvolvimento, promove diminuição na relação MSPA/MSR alterando a arquitetura das plantas e contribuindo para o acamamento. Já para a redução da relação MSPA/MSR Chun et al., (2005), constataram se tratar de uma resposta adaptativa das plantas visto que em baixas concentrações de N ocorrem redução de crescimento da biomassa da parte aérea, aumentando a biomassa radicular para elevar a capacidade da planta em absorver maior quantidade de N do solo. Uma menor relação parte aérea/raízes pode significar um sistema radicular mais amplo, e provavelmente mais eficaz (BUTTERY & BIZZELL, 1972). Geralmente, a restrição de nutrientes leva ao aumento de alocação de massa seca para a raiz em relação à parte aérea em situações não limitantes de luz (GUNATILLEKE et al. 1997, CORDERO 2000).

Em relação ao teor de NMSR (mg/planta) em plantas cultivadas em alta concentração, pode-se observar que não ocorreu diferença significativa entre as genótipos testadas sendo que as que obtiveram os maiores teores foi o Toropi e o Frontana enquanto o genótipo Embrapa 27 apresentou o menor teor de N na massa seca (Figura 5a). Por outro lado, quando os genótipos foram cultivados em solução com baixo teor de N houve diferença significativa. Sendo que a cultivar Klein Lucero apresentou o maior teor

acumulado de N na massa seca diferindo dos genótipos Bezostaja 1 e Anahuac 75 os quais apresentaram os menores teores desse nutriente. Os demais genótipos não diferiram entre si (Figura 5b).

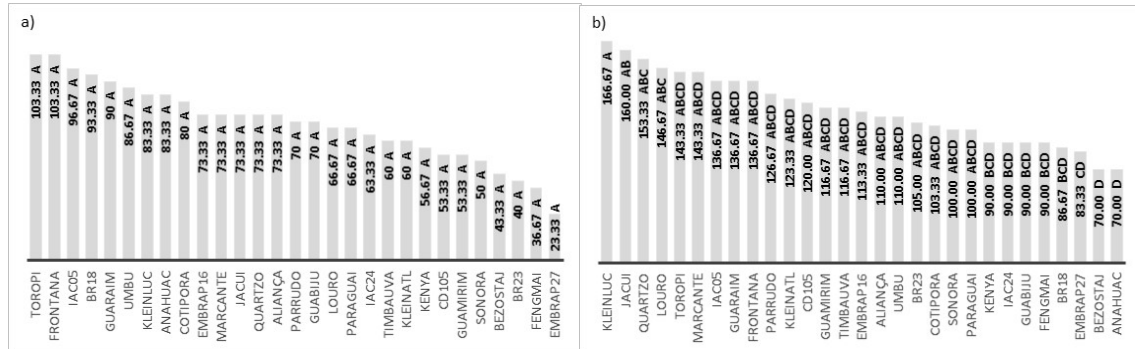


Figura 05 - Massa Seca de Raiz (mg/planta) em 29 genótipos de trigo quando cultivados em solução nutritiva: a) com alto teor de N; b) com baixo teor de N.

Em pesquisa realizada por Schum e Jansen (2014), apresentou genótipos de batata, *in vitro*, com maior crescimento radicular sob estresse de deficiência de N. Ao mesmo tempo que alguns genótipos a massa fresca de raiz constantemente diminuiu com a redução da disponibilidade de N, os demais genótipos intensificaram o desenvolvimento das raízes sob redução do suprimento de N. O N é o nutriente que as plantas demandam em maiores proporções, sua carência é verificada na maioria dos solos e o seu fornecimento em quantidades corretas, além de promover a área foliar das plantas, eleva os teores de clorofila nas folhas, assim tornando-se mais eficientes na interceptação da radiação solar Taiz & Zeiger (2017), de modo consequente, em maior acúmulo de matéria seca. Tal qual Voorhees et al., (1980), a massa seca de raízes é uma variável fácil de ser obtido em relação a respostas de comprimento do sistema radicular, mas unicamente a massa seca de raízes não expressa a extensão em que determinado volume de solo é explorado pelo sistema radicular, assim sendo não se pode avaliar de forma consolidada os processos de absorção de água e nutrientes. Assim nesse segmento, o comprimento das raízes pode ser uma variável influente para o estudo de crescimento da planta,

colaborando para gerar informações relacionadas à fisiologia e ao estado nutricional do vegetal.

Em relação ao VR (cm<sup>3</sup>) em plantas cultivadas em alta concentração de N, pode-se observar diferenças, sendo que os genótipos que obtiveram os maiores teores foi o Toropi, IAC 5 e Frontana enquanto os genótipos Trigo BR 23 e Embrapa 27 apresentaram os menores teores de N. Os demais genótipos não diferiram entre si (Figura 6a). Com relação a essa variável, quando os genótipos foram cultivados em solução com baixo teor de N não houve diferença significativa. Sendo que a cultivar Toropi apresentou o maior valor de N enquanto o menor valor foi observado com o Trigo BR 23 e N (Figura 6b).

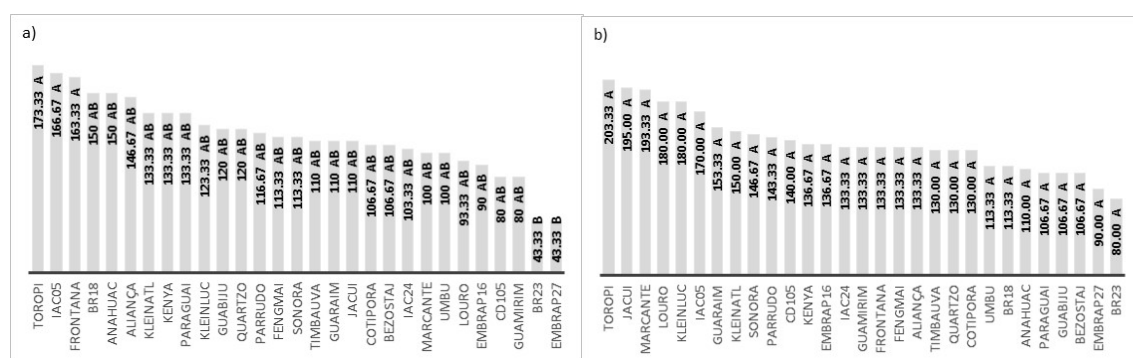


Figura 06 - Volume de Raiz (cm<sup>3</sup>) em 29 genótipos de trigo quando cultivados em solução nutritiva: a) com alto teor de N; b) com baixo teor de N.

Nas gramíneas como o trigo, em torno de 10% a 45% da biomassa total se encontra abaixo do solo, e dependendo das condições do solo cerca de 20 a 50% dos fotoassimilados podem ser usados para o crescimento das raízes (HAMBLIN et al., 1990). Porém, uma alta porcentagem de biomassa total em raízes de trigo pode não ser desejável, sendo que as raízes são importantes órgãos consumidores de fotoassimilados (BOOGAARD et al., 1996). De acordo com Costa et al., (2002), o aumento no volume de raízes para cereais, no qual a concentração de nutrientes é a mesma em toda superfície radicular, pode levar a uma maior capacidade de absorção de nutrientes. Ryser (2006), indica que raízes com diâmetro maior podem levar a uma diminuição do comprimento

específico. Já as raízes finas possuem grande papel na absorção de água e nutrientes (EISSENSTAT et al., 2000). Plantas com grandes quantidades de raízes finas podem resultar em plantas mais vigorosas (SILVA et al., 2007).

Com relação a influência do N sobre o CR (cm), quando as plantas foram mantidas em alta concentração, o genótipo que obteve maior valor foi o Toropi enquanto o genótipo Sonora 63 apresentou o menor valor para a variável. Os demais genótipos não diferiram entre si (Figura 7a). Com relação a essa variável, em baixa concentração de N, a cultivar BRS Parrudo apresentou o maior comprimento de raiz diferindo dos genótipos Bezostaja 1 e Anahuac 75 os quais apresentaram os menores valores. Os demais genótipos não diferiram entre si (Figura 7b).

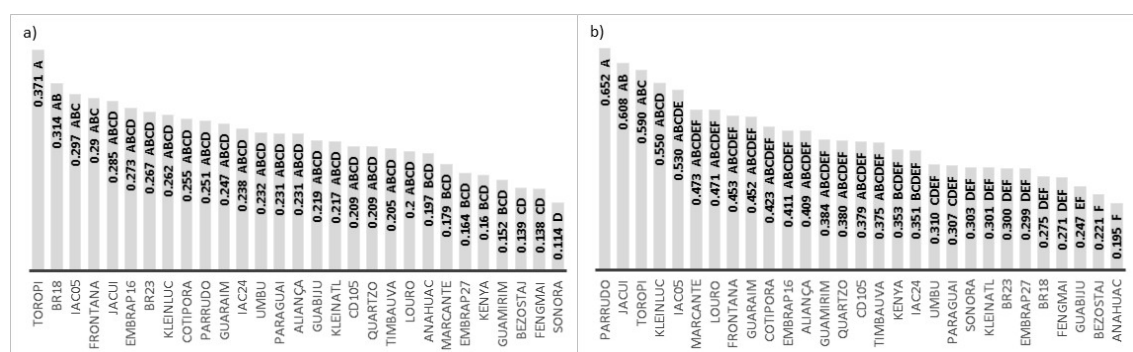


Figura 07 - Comprimento de Raiz (cm) em 29 genótipos de trigo quando cultivados em solução nutritiva: a) com alto teor de N; b) com baixo teor de N.

Conforme Fitter (1996) *apud* Silveira et al. (2011) esse resultado representa um mecanismo da planta, para aumentar a área de exploração das raízes e absorver mais nutrientes quando sujeita à deficiência nutricional como encontrou em capim-tanzânia. Bosemark (1954), também cultivando plantas em solução nutritiva com baixas concentrações de N, verificou raízes mais longas quando comparadas com às produzidas por plantas submetidas à concentrações mais elevadas deste nutriente. Nesse sentido, Bouma et al., (2000), ressaltam que enquanto a biomassa radicular determina o custo



associado à construção e manutenção, o comprimento de raízes determina a capacidade de adquirir água e nutrientes.

No que diz respeito a ASR (cm<sup>2</sup>) em plantas cultivadas em alta concentração de N, pode-se observar diferenças significativas sendo que a cultivar Toropi apresentou maior ASR enquanto o genótipo Sonora 63 apresentou o menor valor para a variável, os demais genótipos não diferiram entre si (Figura 8a). Da mesma forma quando as plantas foram cultivadas em solução com baixo teor de N, o genótipo Toropi apresentou maior ASR diferindo do genótipo Bezostaja 1 o qual apresentou o menor valor para essa variável, os demais genótipos não diferiram entre si (Figura 8b).

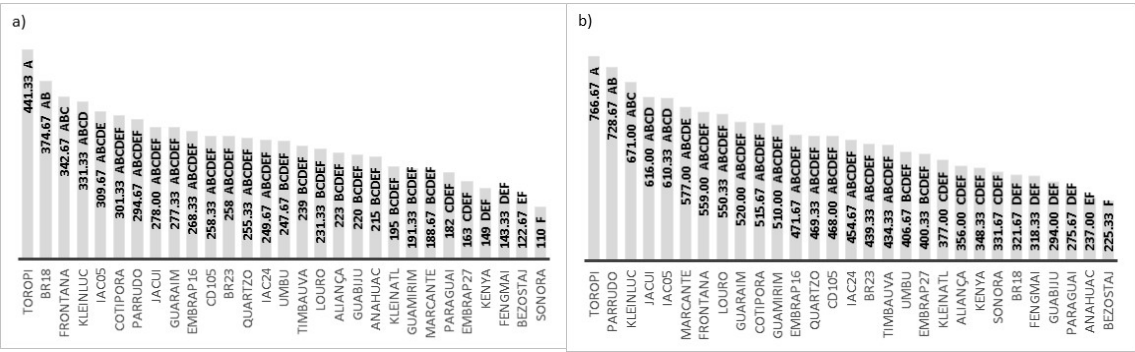


Figura 08 - Área do Sistema Radicular (cm<sup>2</sup>) em 29 genótipos de trigo quando cultivados em solução nutritiva: a) com alto teor de N; b) com baixo teor de N.

Neste sentido Imada et al., (2008), disseram que a área de superfície de raiz está relacionada com a absorção de nutrientes sendo que a maior área de superfície radicular pode compensar a falta de superfície ajudando a planta à obter nutrientes que estão em níveis baixos.

Em relação ao NMSPA (mg/planta) em plantas cultivadas em alta concentração, pode-se observar diferenças significativas sendo que a cultivar Toropi apresentou maior teor e enquanto os genótipos Embrapa 27 e Trigo BR 23 apresentaram os menores teores de N por grama de massa seca (Figura 9a). Com relação a essa variável, quando os genótipos foram cultivados em solução com baixo teor de N não houve diferença



significativa. Sendo que a cultivar Toropi apresentou o maior teor acumulado de NMSPA e o genótipo Trigo BR 23 apresentou o menor teor quando cultivado em solução nutritiva com baixa concentração de N (Figura 9b).

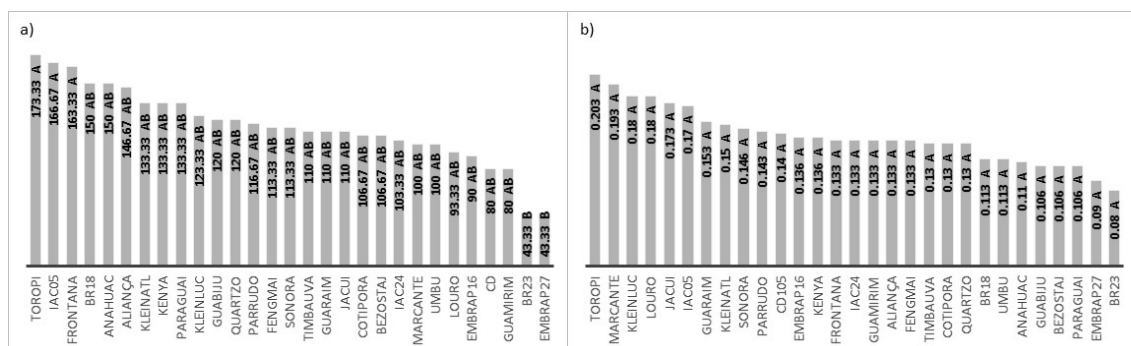


Figura 09 - Massa Seca da Parte Aérea (mg/planta) em 29 genótipos de trigo quando cultivados em solução nutritiva: a) com alto teor de N; b) com baixo teor de N.

De acordo com Anandacoomaraswamy et al., (2002), o aumento do alongamento e do número de raízes laterais e da densidade de pelos radiculares sob deficiência de N pode aumentar significativamente o peso seco de raízes, como visualizado em plantas de chá (*Camellia sinenses*). Concordando com isso Lemaire (1997) *apud* Andriolo et al. (2004), fala que o crescimento das folhas é uma das primeiras variáveis da planta a ter seu crescimento afetado pela deficiência de N.

De modo geral, pode-se observar que houve grande variação nas respostas dos genótipos estudados em todas as variáveis demonstrando a grande variabilidade genética na capacidade de absorção e no uso do N pelo trigo (Tabela 1).

Tabela 01: Comparação do desempenho dos 29 genótipos de trigo nas variáveis analisadas no experimento, indiferente da concentração de N utilizado.

GENÓTIPO	SUPERIOR	INFERIOR	TOTAL
TOROPÍ	XXXXXXXX		8
PARRUDO	XXXXX		5
KLEIN LUCERO	XXX		3
IAC05	XXX		3
FRONTANA	XXX	X	2
MARCANTE	X		1
IAC24	X		1
GUABIJU		X	-1
BR18		X	-1
CD105		X	-1
QUARTZO		X	-1
ALIANÇA		XX	-2
FENG MAI 11	X	XXX	-2
PARAGUAI		XX	-2
UMBU		XXX	-3
KLEIN ATLÂS		XXX	-3
SONORA		XXXX	-4
BEZOSTAJA		XXXX	-4
EMBRAPA 27		XXXX	-4
BR23		XXXX	-4
ANAHUAC		XXXXXXXX	-7

## CONCLUSÃO

Foi possível determinar os genótipos com maior e/ou menor capacidade de absorção e eficiência na utilização de N.

As plantas cultivadas em baixa concentração de N apresentaram maiores valores nas variáveis que envolvem aumento de absorção.

O genótipo Toropi apresentou o melhor desempenho em maior número de variáveis estudadas tanto em alta quanto em baixa concentração de N. Já o genótipo Anahuac 75 apresentou os menores valores em maior número de variáveis estudadas tanto em alta concentração quanto em baixa concentração de N.

## REFERÊNCIAS

ANANDACOOMARASWAMY, A.; COSTA, W. A. J. M.; TENNAKOON, P. L. K.; WERF, A. V.D. The physiological basis of increased biomass partitioning to roots upon nitrogen deprivation in young clonal tea (*Camellia sinensis* (L.) O. Kuntz). **Plant and Soil**, Netherlands, v. 238, n.1, p. 1-9, 2002.

ANDRIOLO, J. L.; ROSS, T. D.; WITTER M. Crescimento, desenvolvimento e produtividade do tomateiro cultivado em substrato com três concentrações de nitrogênio na solução nutritiva. **Ciência Rural**, v.34, p.1451-1457, setembro, 2004.

BOOGAARD, R. VAN DEN; VENEKLASS, E.J.; LAMBERS, H. The association of biomass allocation with growth and water use efficiency of two *Triticum aestivum* cultivars. **Australian Journal of Plant Physiology**, v.23, p.751-761, 1996.

BOSEMARK, N. O. The influence of nitrogen on root development. **Physiologia Plantarum**, Sweden, v. 7, n. 3, p. 497-502, 1954.

BOUMA, T. J.; NIELSON, K. L.; KOUTSTAAL, B. A. S. Sample preparation and scanning protocol for computerized analysis of root length and diameter. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 218, n.1/2, p. 185-196, 2000.

BUTTERY, B.R.; BIZZELL, R.I. Some differences between soybean cultivars observed by growth analysis. **Canadian Journal of Plant Science**, v.52, p.13-20, janeiro, 1972.

CHUN, L.; MI, G.; LI, J.; CHEN, F.; ZHANG, F. Genetic analysis of maize root characteristics in response to low nitrogen stress. **Plant and Soil**, v.276, p.369-382, 2005.

CORDEIRO, R. A. Effect of two natural light regimes and nutrient addition on the forest herb *Begonia decandra* (Begoniaceae). **Revista de Biologia Tropical**, v.48, p.579-586,

junho, 2000.

COSTA, C.; DWYER, L. M.; ZHOU, X.; DUTILLEUL, P.; HAMEL, C.; REID, L. M.; SMITH, D. L. Root morphology of contrasting maize genotypes. **Agronomy Journal**, Madison, v. 94, n.1, p. 96-101, janeiro, 2002.

DA ROS, C.O.; SALET, L.S.; PORN, R.L.; MACHADO, J.N.C. Disponibilidade de N e produtividade de milho e trigo com diferentes métodos de adubação nitrogenada no sistema de plantio direto. **Ciência Rural**, v.33, n.5, p.799-804, setembro, 2003.

DO VALE JC, FRITSCH NETO R, BERMUDEZ F & MIRANDA GV. Efeitos gênicos de caracteres associados à eficiência no uso de N em milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.47, p. 385-392, março, 2012.

EISSENSTAT, D. M.; WELLS, C. E.; YANAI, R. D. Building roots in a changing environment: implications for root longevity. **New Phytologist**, v. 147, n.1, p. 33-42, 2000.

FORDE, B. G. Local and long-range signaling pathways regulating plant responses to nitrate. **Annual Reviews of Plant Biology**, Palo Alto, v. 53, p. 203-224, 2002.

FORNASIERI FILHO D. Manual da cultura do trigo. Jaboticabal: **Fundação de Apoio à Pesquisa, Ensino e Extensão**; 2008.

FRANCO, C. F.; PRADO, R. M. Uso de soluções nutritivas no desenvolvimento e no estado nutricional de mudas de goiabeira: macronutrientes. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 28, n. 2, p. 199-205, Abril, 2006.

FRANÇA, M. G. C.; ARRAUJO, A. P.; ROSSIELO, R. O. P.; RAMOS, F. T. Relação entre crescimento vegetativo e acúmulo de nitrogênio em duas cultivares de arroz com arquiteturas contrastantes. **Acta Bot. Bras.** v.22, p.43-49, 2008.

GUNATILLEKE, C. V. S.; GUNATILLEKE, I. A. U. N.; PERERA, G. A. D.; BURSLEN, D. F. R. P.; ASHTON, P. M. S. & ASHTON, P. S. Responses to nutrient addition among seedlings of eight closely related species of *Shorea* in Sri Lanka. **Journal of Ecology** **85**, p. 301-311, 1997.

HAMBLIN, A.; TENNANT, D.; PERRY, M.W. The cost of stress: dry matter partitioning changes with seasonal supply of water and nitrogen to dryland wheat. **Plant and Soil**, v.122, p.47-58, ed. 01, fevereiro, 1990.

IMADA, S.; YAMANAKA, N.; TAMAI, S. Water table depth *effects Populus alba* fine root growth and whole plant biomass. **Functional Ecology**, v. 22, n. 6, p. 1018-1026, novembro, 2008.

JOHANSSON, G. Carbon distribution in grass (*Festuca pratensis* L.) during regrowth after cutting - Utilization of stored and newly assimilated carbon. **Plant and Soil**, v. 151, n. 1, p. 11-20, 1993.

LARA CABEZAS, W.A.R.; TRIVELIN, P.C.O.; KORNODÔRF, G.H.; PEREIRA, S. Balanço da adubação nitrogenada sólida e fluida de cobertura na cultura do milho em sistema plantio direto no Triângulo Mineiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, n. 2, v. 24, p. 363-376, 2000.

LAVRES JR., J.; FERRAGINE, M.D.C.; GERDES, L.; RAPOSO, R.W.C.; COSTA, M.N.X. & MONTEIRO, F.A. Yield and morphogenesis of Aruana grass as related to nitrogen supply. **Sci. Agric.**, v. 61, n. 6, p. 632-639, novembro, 2004.

MAGNAVACA, R.; GARDNER, C. O.; CLARCK, R. B. Evaluation of maize inbred lines for aluminum tolerance in nutrient solution. In: GABELAN, H. W.; LONHMAN, B. C. (Ed.). **Genetic aspects of plant mineral nutrition**. Dordrecht: Martinus Nijhoff Publishers, p. 255-265, 1987.

MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Cultura do trigo. Brasil 2011**. Disponível em: <[http://www.agricultura.gov.br/vegeta l/culturas/trigo](http://www.agricultura.gov.br/vegeta%20l/culturas/trigo)>. Acesso em: 8 mar. 2019.

MARINI, N., TUNES, L.M., SILVA, J.I., MORAES, D.M., CANTOS, F.A.A. Efeito do fungicida Carboxim Tiram na qualidade fisiológica de sementes de trigo (*Triticum aestivum* L.). *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, v.6, n.1, p.17-22, 2011. Disponível em: <[http://agraria.pro.br/sistema/index.php?journal=agraria&page=article&op=viewfile&h\[\]=agraria\\_v6i1a737&path\[\]=843](http://agraria.pro.br/sistema/index.php?journal=agraria&page=article&op=viewfile&path[]=agraria_v6i1a737&path[]=843)>. Acesso em: 10 mar. 2019.

MUNDSTOCK, C.M.; BREDEMEIER, C. Dinâmica do afilhamento afetada pela disponibilidade de N e sua influência na produção de espigas e grãos em trigo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 26, p.141-149, 2002.

Norman, R.J.; Guindo, D.; Wells, B.R. & Wilson, C. E. Seasonal accumulation and partitioning of N-15 in rice. **Soil Science Society of American Journal**, v.56, p.1521-1526, 1992.

OLIVEIRA LR, MIRANDA GV, DELIMA RO, FRITSCHÉ-NETO R & GALVÃO JCC. Eficiência na absorção e utilização de N e atividade enzimática em genótipos de milho. **Revista Ciência Agronômica**, v.44, p.614-621, Julho 2013.

OLSTHOORN, A. F. M.; KELTJENS, W. G.; BAREN, B.; HOPMAN, M.C. G.

Influence of ammonium on fine root development and rhizosphere pH of Douglas-fir seedlings in sand. **Plant and Soil**, v.133, p.75-81, 1991.

RYSER, P. The mysterious root length. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 286, n.1/2, p. 1-6, 2006.

RODRIGUES LFOS, GUIMARÃES VF, SILVA MB, PINTO JUNIOR AS, KLEIN J, COSTA ACPR. Características agronômicas do trigo em função de *Azospirillum brasilense*, ácidos húmicos e N em casa de vegetação. **Revista Bras Eng Agríc e Amb.** v.18, n.1, p. 31-37, 2014.

SALA, V. M. R.; FREITAS, S. DOS S.; DONZELI, V. P.; FREITAS, J. G.; GALLO, P. B.; SILVEIRA, A. P. D. Ocorrência e efeito de bactérias diazotróficas em genótipos de trigo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.29, p.345-352, 2005.

SAS INSTITUTE. **SAS/STAT User's guide, version 9.2**. Cary, 2008. 584 p.

SCHUM, A.; JANSEN, G. In vitro method for early evaluation of nitrogen use efficiency associated traits in potato. **Journal of Applied Botany and Food Quality**, v.87, p.256-264, 2014.

SILVA, S. D. A.; SERENO, M. J. C. M.; SILVA, C. F. L.; OLIVEIRA, A. C.; NETO, J. F. B. Inheritance of tolerance to flooded soils in maize. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 7, n. 2, p. 165-172, 2007.

SILVEIRA, C. P.; MONTEIRO, F. A. Influência da adubação com nitrogênio e cálcio nas características morfológicas e produtivas das raízes de capim-tanzânia cultivado em solução nutritiva. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, n. 1, p. 47-52, 2011.

TAIZ L.; ZEIGER E. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**, Porto Alegre: Artmed, 6<sup>a</sup>

Ed., 2017. Unidade 3; Capítulo 19, Crescimento Vegetativo e Organogenese.

TEIXEIRA FILHO, M. C. M. T; BUZETTI, S.; ANDREOTTI, M.; ARF, O.; BENETT, C. G. S. Doses, fontes e épocas de aplicação de N em trigo irrigado em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.45, n.8, p.797-804, agosto 2010.

VOORHEES, W.B.; CARLSON, V.A.; HALLAUER, E.A. Root lenght measurement with a computer-controlled digital scanning microdensitometer. **Agronomy Journal**, v.72, p.847-851, 1980.

WANG J, MAO H, ZHAO H, HUANG D, WANG Z. Different increases in maize and wheat grain zinc concentrations caused by soil and foliar applications of zinc in Loess Plateau, China. **Field Crops Res**, v.135, p.89-96, 2012.



